Aus der Chirurgischen Universitätsklinik der Charité Berlin
(Vorstand: Geheimrat Prof. Dr. Sauerbruch).

Beitrag zur plastischen Deckung von Schädeldefekten

(Alloplastik mit Horn)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Medizinischen Doktorgrades
an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von
Peter Frommherz
aus Stuttgart.

Tag der Promotion: 20. November 1939

VERLAG RUDOLPH PFAU :: BERLIN NW 7

M 324

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. K r e u z
Referent: Prof. Dr. H. K r a u ß
Korreferent: Prof. Dr. G o h r b a n d t

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Deckung knöcherner Schädeldefekte mittels Horn.

Die Chirurgie beschäftigt sich schon sehr lange mit der Deckung von Defekten platter Schädelknochen. So findet sich in einer Sammlung alter Inkaschädel von Munniz (nach Mc. See) ein Schädel, bei dem eine Silberplatte in einen großen Defekt des Stirn- und Schläfenbeins eingefügt ist. Nach dem Zustand der Knochenränder zu schließen, muß die Platte längere Zeit bei Lebzeiten getragen worden sein. Aus dem 17. Jahrhundert (1682) stammt die Nachricht von Job a Meek'ren über einen Russen, dem ein Hundeschädelknochen in einen Schädeldefekt implantiert worden war; der Hundeknochen wurde aber nach einiger Zeit wieder entfernt, da der Patient sonst exkommuniziert worden wäre. Im 19. Jahrhundert ist dann wiederholt der Versuch gemacht worden, nach erfolgter Trepanation das Schädelrondell wieder einzusetzen und einheilen zu lassen, so von Ph. von Walther (1820), Roßheim (1830), Wedemeyer (1842) und anderen.

In Anlehnung an diese alten Versuche haben eine Reihe von Chirurgen neue Methoden zur Deckung von knöchernen Schädeldefekten entwickelt, und zwar teils auf hetero-, teils auf allo- oder aber auf autoplastischem Wege. Die Verbesserung der chirurgischen Methoden überhaupt, einerseits durch Einführung der Asepsis, andererseits durch die Möglichkeit der Schmerzbetäubung steigerte natürlich auch den Erfolg und damit die Aussichten der genannten Operationen.

Das ganze 19. Jahrhundert, besonders in seiner zweiten Hälfte bis in die ersten zwei Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts, hat eine mannigfache Reihe von Versuchen zur Knochendefektdeckung überhaupt und zur Deckung knöcherner Schädeldefekte im besonderen gebracht. Hier eine Uebersicht:

A. Auto- und Homoioplastik.

1. Reimplantation der bei der Trepanation gewonnenen Schädelrondelle in die Knochenlücke (Ph. von Walther 1820. Roßheim 1830. Wedemeyer 1842).
2. Reimplantation des zuvor verkleinerten Schädelfragments in die Trepanationslücke (Mac Ewen 1888, W. Keen).
3. Implantation des dekalzinierten Knochens (Senn 1890, Kümmell 1891).
4. Implantation von ausgeglühter Knochensubstanz (Barth 1895, Landerer 1895).
5. Implantation von gekochten Knochen (Westermann 1898).

6. Reimplantation nach vorheriger Desinfektion des Knochens (Versuche von J. Wolff, 1830, Pels-Leusden, Sommer, Mac Ewen, Cushing, Küster, Weyr, Seguin).
7. Implantation von Schädelknochen desselben Individuums (Autotransplantation) (Lexer, Küttner).
8. Implantation von Knochenstücken aus der Tibia des Patienten (Seydel 1889, Sennander 1890, Czerny 1893, Lexer).
9. Verschluß durch einen gestielten, aus der Umgebung gewonnenen Haut-Periost-Knochenlappen, der gebildet wird durch Durchsägen des Schädelknochens in der Diploe. Der Lappen besteht also aus Haut, Periost und Tabula externa (Müller, König 1886).
10. Wagnersche osteoplastische Schädelresektion, also Bildung eines Haut-Periost-Knochenlappens, der zurückgeklappt wird, um in die Schädelhöhle eindringen zu können. Die Methode dient daher nicht zum Verschluß schon vorhandener Lücken (Wagner 1887).
11. Gestielter subkutan und subfascial verschobener Periost-Knochenlappen (Hacker, Garrè, Durante).
12. Freie Transplantation eines Knochenperiostlappens, z. B. aus der Tibia (Mac Ewen, Seydel, Lexer).
13. Implantation von Knochen derselben Species (Axhausen 1909).
14. Implantation von periost- und marklosem Knochen desselben oder eines artgleichen Individuums (Kocher 1907).
15. Implantation von Leichenknochen (Küttner, Mertens 1901).

B. Heteroplastik.

1. Implantation von lebendem, von Periost bedecktem Knochen gesunder Affen; deren Gesundheit wird durch eine sofort an die Entnahme des Knochenstückes sich anschließende Sektion festgestellt (Küttner).
2. Implantation eines lebenden, periostbedeckten Knochenstückes artfremder Herkunft (Axhausen 1909).
3. Implantation eines Stückes des Parietale eines jungen Hundes in den Schädeldefekt (Mac Ewen 1882).
4. Implantation eines Stückes aus dem Hundefemur (Ricard 1891, Succhi 1894).
5. Implantation eines Gänseschädelknochens (von Jaksch 1889).
6. Implantation von Elfenbein (Dieffenbach 1830).
7. Implantation von Schildplatt und Horn (Rehn und Wakabaiashy 1912).

C. Alloplastik.

1. Implantation von Aluminiumplatten (Booth und Curtis 1893).
2. Implantation von Celluloidplatten (Alex. Fränkel 1890, Hinterstoisser 1891, von Eiselsberg 1891, Berger 1891, Postemski 1892).

3. Implantation von Filigrannetzen (O. Witzel 1900, Gleich 1900).
4. Implantation einer Platinplatte (Martin, Cornioley 1890).
5. Implantation einer Silber- oder Goldplatte (Sebilleau, Declaire).

Diese mannigfachen Versuche, die alle Möglichkeiten einer festen Deckung knöcherner Schädeldefekte mit dem verschiedenartigsten Material ausschöpfen, haben ihren Grund in dem geringen Regenerationsvermögen der Schädelknochen. Die alte Erfahrung, daß das Regenerationsvermögen der convexen Schädelknochen bei Substanzverlust sehr mangelhaft ist — so daß sich auch kleinere Defekte meistens nicht knöchern, sondern nur bindegewebig schließen — ist auch heute noch gültig. Wenn sich auch einzelne zuverlässige Beobachtungen knöchernen Verschlusses in der Literatur finden, so bestätigen diese seltenen Ausnahmen doch nur die Regel. Allerdings ist die bindegewebige Narbe, die kleinere Schädelknochendefekte verschließt, so fest und derb, daß sie häufig eine Knochenneubildung vortäuscht. In solchen Fällen also erwächst dem Patienten kein erheblicher Nachteil aus dem nichtknöchernen Verschluß seines Defekts. Anders aber verhält es sich bei größeren Lücken des Schädelknochens, wenn sie nur von Haut und Narbengewebe gedeckt werden. Solche Patienten sind sehr leicht Verletzungen ausgesetzt; jeder Stoß oder Hieb gegen den Schädel — er braucht nicht einmal sehr kräftig zu sein — ja selbst das Anstoßen des Kopfes beim ungeschickten Fall oder Sturz kann bei solchen Defekten zu schweren Verletzungen des Gehirns führen. Dazu kommt, daß die Patienten meist an Kopfschmerzen, epileptischen Anfällen und dergleichen leiden, Erscheinungen, die man wohl auf Verschiebungen und Zerrungen der Hirnoberfläche infolge von Verwachsungen im Bereich der Lücke zurückführen darf. Aus solchen Erfahrungen heraus gelangt man zwangsläufig zu dem Grundsatz, daß bleibende Knochendefekte bei Schädel- und Hirnoperationen tunlichst von Anfang an zu vermeiden sind, vorhandene größere Lücken aber, besonders wenn sie ernste klinische Symptome nach sich ziehen, sekundär womöglich knöchern geschlossen werden sollen.

Auf Grund der Erfahrungen, die sich aus der großen Zahl der in den letzten 100 Jahren erprobten Methoden ergeben, hat die moderne Chirurgie sich mehr und mehr der Autoplastik mit lebendem Material zugewandt; diese Methode beherrscht heute so gut wie ausschließlich das Feld. Die jetzt meist angewandte Technik geht zurück auf das Verfahren nach Wagner. Allerdings kommt sie nur in Betracht bei Operationen, bei denen der Knochen selbst nicht in Mitleidenschaft gezogen ist und wird, und die Wunde sofort endgültig geschlossen werden kann. Notwendige Voraussetzung hierfür ist also die voraussichtliche Heilung per primam. Dasselbe gilt für die Methoden der Reimplantation. Die herausgenommenen Knochenstücke müssen nach spätestens 48 Stunden wieder implantiert werden, da sie nicht längere Zeit lebensfähig erhalten werden können.

In solchen Fällen dagegen, in denen die knöcherne Lücke längere Zeit bestehen bleibt, also eine sofortige Reimplantation des aus der Lücke stammenden Knochenstücks nicht in Frage kommt, stehen uns die Methoden von Müller-König und die freie Transplantation (Lexer und andere) zur Verfügung. Das Verfahren nach Müller-König, d. h. die Transplantation eines gestielten Haut-Periost-Knochenlappens, und seine Abwandlungen haben den Nachteil, daß am Schädel selbst gesägt wird, was die Operationstechnik erheblich kompliziert, und die Gefahr für den Patienten erhöht. Außerdem wird an der Stelle der Entnahme des Lappens die Schädeldecke empfindlich geschwächt. Der freien Transplantation gegenüber ist die Ernährung des Transplantates vielleicht besser gesichert; sehr oft ist freilich die Anlage einer genügend breiten, die Ernährung sicherstellenden Verbindung schwer, besonders auch durch die bei der Verlagerung entstehende Verdrehung des Stiels. Viele Autoren setzen diese gestielte Plastik in ihren Aussichten der freien Transplantation gleich.

Der Erfolg der freien Transplantation, d. h. der Transplantation eines Knochenperiostlappens, z. B. aus der Tibia (Verfahren nach Lexer) ist eine Frage der Ernährung, ob und inwieweit die Verbindung mit der Umgebung rechtzeitig genug hergestellt wird. Bei älteren und geschwächten Patienten ist selbstverständlich auch die Wunde, aus der das Transplantat stammt, ein Gefahrenpunkt.

Die Methode, zur Deckung der Lücke einen gestielten Periostknochenlappen zu verwenden (Verfahren nach Hacker-Garré-Durante) hat ihre Schwierigkeit in der Ernährung des verpflanzten Knochenstücks. Sie ist damit in ihren Einheilungsmöglichkeiten der freien Plastik gleichzusetzen.

Ueberblickt man nun kritisch die Technik der verschiedenen Verfahren, ihre Anwendungsmöglichkeiten, ihre Gefahrenmomente und ihre Heilungsaussichten, so heben sich als wichtigste Grundsätze für die Schließung einer knöchernen Schädellücke folgende heraus:

1. Es muß ein Stück lebenden Periosts eingepflanzt werden, von dem aus die Lücke sich knöchern schließen kann.
2. Die Ernährung dieses implantierten Periosts muß durch Anschluß an die Nachbarschaft gesichert werden.
3. Notwendig ist das Vorhandensein von Knochen oder einer ähnlichen Substanz, die langsamer Resorption zugänglich ist und dabei die Knochenneubildung anregt. (Je langsamer das Implantat resorbiert wird, desto länger hält die Knochenneubildung an).
4. Die Schädelwunde darf keine Zeichen einer entzündlichen Reaktion zeigen. Eiternde Wunden können, wie die Erfahrungen beweisen, erst nach Abklingen des Prozesses endgültig knöchern verschlossen werden. Dabei muß die Möglichkeit einer wiederaufflackernden Infektion beachtet werden. Die plastische Operation soll also frühestens nach einem halben bis einem Jahr erfolgen.

Bei Beachtung dieser Forderungen zeigen sich sofort augenfällig die Nachteile der verschiedenen Methoden.

Zu Punkt 1:

Da in dem Defekt selbst wohl selten noch lebendes Periost vorhanden ist, und der Aufbau des Knochens von keiner anderen Stelle aus erfolgen kann, so sind damit alle jene Methoden hinfällig, die totes Material in die Lücke einpflanzen wollen. Als totes Material sind sowohl die ausgeglühten wie dekalzinierten oder anderweitig desinfizierten Knochenstücke sowie Leichenknochen an sich zu betrachten. Diese Methoden sind den alloplastischen gleichzusetzen.

Ebenso sind die Nachteile der Einpflanzung von alloplastischem Material, wie z. B. Metall oder Zelluloid, klar ersichtlich. Implantate dieser Art haben außerdem meist den Nachteil, selbst wenn sie reaktionslos einheilen, daß sie doch, grundsätzlich vom Körper als Fremdkörper aufgefaßt, nach kürzerer oder längerer Zeit vom Gewebe bei gegebener Gelegenheit wieder abgestoßen werden, sei es nach Angina, nach einer zehrenden Krankheit, sei es, daß durch irgendwelche sonstige Umstände eine dort ruhende, blande, nicht in Erscheinung getretene Infektion wieder aufflackert, obwohl doch die mechanische Beanspruchung gering ist. So wurden während des Weltkriegs auch in Frankreich in verschiedenen Fällen größere Schädelknochendefekte mit Silberplatten verschlossen. Sie sind anscheinend in mehreren Fällen gut eingeheilt, es zeigte sich aber, daß sie meist, wenn auch manchmal erst nach Jahren, doch wieder ausgestoßen wurden. Bei Metallen ist auch deren Eigenwirkung auf den Organismus zu berücksichtigen, die den Körper in Abwehrstellung drängt und so meist zu entzündlicher Reaktion Veranlassung gibt (Metalle als Keimtöter).

Zu Punkt 2:

Die Forderung, das implantierte Periost müsse möglichst bald Anschluß an die Umgebung gewinnen, um seine Ernährung zu gewährleisten, zeigt die Nachteile der heteroplastischen Methoden. Die dem Körper eingepflanzten Teile aus artfremdem Eiweiß beantwortet der Körper mit deren Abbau, ja, er zeigt unter Umständen sogar allgemein das Bestreben, dieses Implantat als Fremdkörper abzustoßen. Das Implantat steht also im Gegensatz zum lebenden *arteigenen* Material, das in der Mehrzahl der Fälle ohne weiteres eingebaut wird. Regelmäßig und sofort scheint freilich der Körper nur das *körpereigene* Eiweiß einzubauen, obwohl sonst im Allgemeinen die Homoioplastik der Autoplastik gleichgesetzt wird. Möglich, daß hier die Verschiedenheit bezw. die Uebereinstimmung der Blutgruppen eine Rolle spielt; nähere Feststellungen darüber sind mir jedoch nicht bekannt.

Zu Punkt 3:

Die Einpflanzung von Knochen allein ohne Periost genügt nicht, da auch bei körpereigenem Material die Proliferation von Periost und Endost in den Havers'schen Kanälchen nötig ist zur Vereinigung des Implantats mit dem Skelett (Albee). Sowohl bei der gestielten wie bei der freien Transplantation überleben nur Periost und Knochenmark; der Knochen selbst wird resorbiert und neugebildet (Axhausen). Nur in Einzelfällen wurde beobachtet, daß ein größeres körpereigenes Knochenstück eingebaut wurde, ohne vollständig abgebaut zu werden. Das Wachstum von Bindegewebe und ein dadurch zustande kommender Zusammenschluß von Implantat mit Skelettknochen führt nicht zu fester knöcherner Vereinigung, das umgebende Bindegewebe wird im günstigsten Fall das Implantat pseudarthrotisch einheilen und damit seine Ernährung sicherstellen; meist aber kommt es zur langsamen Resorption des eingepflanzten Knochenstücks. Es ist nicht anzunehmen und biologisch unmöglich, daß ein solches sekundäres reparatives Bindegewebe eine Heteromorphie und damit eine Wiederaufrichtung knöchernen Gewebes nach sich zieht, eben weil ihm die Potenz dazu fehlt.

Gewöhnlich werden wir daher gezwungen sein, die Autoplastik mit lebendem Material anzuwenden. Wenn nun aber — sei es wegen der Größe des Defekts, sei es wegen der Hinfälligkeit des Patienten oder aus anderen Gründen — autoplastisches Material nicht zur Verfügung steht, so müssen wir auch heute noch zu anderen Verfahren greifen. In diesem Falle ist entweder die — allerdings sehr seltene Möglichkeit vorhanden, noch lebendes Periost in der Lücke anzutreffen. Dann kommt es darauf an, ein Material einzupflanzen, das möglichst langsamer Resorption zugänglich, die Knochenbildbildung anregt, außerdem nicht als Fremdkörper wirken darf und endlich reaktionslos einzuheilen verspricht.

Die Homoioplastik ist hier gleich wie die Autoplastik meist wegen der Schwierigkeit der Materialbeschaffung nicht ausführbar; handelt es sich hier doch fast immer um Deckung großer Lücken. Bei Verwendung von Leichenknochen besteht die Gefahr einer Infektion; auch leidet durch Desinfektion die Brauchbarkeit des Knochens, die Einheilungsaussichten sinken.

Ist aber kein lebendes Periost mehr vorhanden, so bedarf es der Einpflanzung eines Stoffes, der langsam oder kaum resorbiert wird und möglichst wenig als Fremdkörper wirkt.

Alloplastisches Material wirkt, wie ausgeführt, immer mehr oder weniger als Fremdkörper; trotzdem muß seine Anwendung hier erwähnt werden, so hat z. B. die Verwendung von Zelluloid (Methode von Fränkel) in vielen Fällen zufriedenstellende Ergebnisse gezeitigt.

Aus der Fülle der zur Verfügung stehenden, heteroplastischen Stoffe gilt es nun, den geeignetsten ausfindig zu machen. Im Allgemeinen wird gewöhnlicher Knochen zu schnell resorbiert werden.

Eine harte Substanz wie das Elfenbein zeigt den Mangel der Formbarkeit; außerdem ist es schwer zu beschaffen und teuer. Seine Bruchsicherheit ist mäßig, da die Elastizität fehlt.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Deckung mittels Horn. Es sind bis heute einige Fälle bekannt, bei denen Versuche mit der Implantation von Horn in Knochendefekte gemacht gemacht wurden. Als erste haben Rehn und Wakabaiashy 1912 eine Arbeit veröffentlicht, zu der sie durch einen amerikanischen Bericht angeregt wurden, der darauf hinwies, daß Horn artgleich sei dem Haar, mit dem damals als Nahtmaterial gute Erfahrungen gemacht worden waren. Nach vorausgegangenen Tierversuchen haben Rehn und Wakabaiashy beim Menschen die Bolzung von Vorderarmbrüchen, Pseudarthrosen und ähnlichem mittels Horn versucht. Die Verfasser geben 9 Fälle von Hornbolzung an, von denen 7 vollkommenen Erfolg hatten. Sie beobachteten stets eine reaktionslose Einheilung, dabei gewährleistete die knochenähnliche Konsistenz des Horns eine ebenso feste Verbindung wie mit Knochen selbst. Weiter erwies sich, daß das Horn nur sehr langsamer Resorption zugänglich ist. Diese Resorption wird anscheinend durch die alkalischen Körpersäfte bewirkt, welche das Albuminoid angreifen. So wurde eine Rillenbildung in dem eingepflanzten Material 1 bis 2 Jahre nach der Implantation beobachtet. Dabei scheint aber dieser langsame Abbau eine spezifisch anregende Wirkung auf die Kallusbildung zu haben. Als weitere Vorzüge des Horns geben die Verfasser an, daß es leicht sterilisierbar sei, durch Kochen geschmeidig und daher formbar werde, und auch nach der Erhitzung seine Elastizität nicht ganz verliere.

Ungefähr gleichzeitig mit Rehn und Wakabaiashy verwendet W. Mysch bei osteoplastischen Operationen Kuhhorn in Form von Stiften und Platten. Er gibt 3 Fälle an:

1. 17jähriger Patient. Hornbolzung nach Unterschenkelfraktur. Heilung, volle Konsolidation in richtiger Stellung.
2. 19jähriger Patient mit Jackson-Epilepsie nach Splitterbruch des Schädels. Der Knochendefekt wird durch eine Hornplatte gedeckt. Wegen späterer Eiterung muß die Platte entfernt werden.
3. 23jährige Patientin mit Knochendefekt der Stirn nach Trauma. Deckung durch eine entsprechend große Hornplatte. Es erfolgt reaktionslose Einheilung, gutes kosmetisches Resultat. Zur Zeit der Veröffentlichung lag anscheinend die Deckung 2 Jahre zurück; eine spätere Nachuntersuchung ist mir nicht bekannt.

Mysch empfiehlt 1912 nach seinen Erfahrungen Horn als gutes plastisches Material. In den folgenden Jahren werden von mehreren Chirurgen weitere Erfahrungen mit Horn als plastischem Material gesammelt. So berichtet H. Riedel 1916 seine Erfahrungen mit der Hornbolzung und zwar von 15 Fällen, von denen in 12 Fällen ein voller Erfolg erzielt wurde. Es handelte sich dabei um Pseudoarthrosen und Ähnliches. Als Vorzüge des Horns sieht er an, daß

es infolge seines faserigen Aufbaues sehr widerstandsfähig gegen Bruch ist, besser als Elfenbein, und leichter zu beschaffen; durch 20 Minuten langes Kochen wird es nach seinen Angaben sicher keimfrei und dabei vorübergehend biegsam. Der Verfasser hat stets reaktionslose Einheilung und niemals Fistelbildung beobachtet; außer in einem Fall konstatiert er immer Einheilung durch knöcherne Verbindung.

1916 berichtet Henschen über die subaponeurotische Deckung großer Schädeldefekte mit gewölbten Hornschalen. Danach befriedigt bei großen Defekten, bei denen Autoplastik nicht in Frage kommt, die Deckung mit Knochen häufig nicht, auch wird der überpflanzte Knochen später oft resorbiert und nicht nachgebildet. Der Verfasser berichtet von 2 Fällen von Resektionsdefekten des Schädels aus der Sauerbruch-Klinik in Zürich, wobei Deckung mit gewölbten Hornschalen versucht wurde. Ueber dem Gipsabguß des Schädels wurde aus 12 mm starkem Büffelhorn eine Prothese von 3 mm Dicke und etwas dünnerer Randzone gearbeitet. Sterilisierung erfolgte 3 Tage lang in absolutem Alkohol, weil die Prothese in siedendem Wasser ihre Form verloren hätte.

1. Fall:

19jähriges Mädchen mit spindelzelligem myelogenem Osteosarkom des Scheitelbeins. Nach dessen Entfernung wird der Defekt von 8 : 7 cm Größe mit Horn bedeckt. Reaktionslose Einheilung nach der Operation in Lokalanaesthesie. 1¾ Jahre später keinerlei lokale Reizung mehr, die Nachuntersuchung 1930 ergab völlige Beschwerdefreiheit.

2. Fall:

14jähriges Mädchen mit Duraangiom (Phlebektasie des Längsblutleiters), welches die Schädeldecke aufwölbt und nahezu durchbricht. Nach Entfernung eines handtellergroßen Knochenfensters und nachfolgender Behandlung mit Koaguleneinspritzungen und Kohlensäureschnee ist das Angiom fast zum Schwund gebracht. Der 7 : 5 cm große Defekt wird durch eine Hornschale gedeckt; glatte Einheilung. Bei der Nachuntersuchung 1930 ist die Patientin völlig beschwerdefrei.

Henschen empfiehlt Horn, das bindegewebig eingekapselt werde und reizlos einheile, auch zur Deckung anderer Defekte (Nasenknochenersatz). Die Technik der Operation ist nach seinen Angaben etwas umständlich, die Hornplatte wird zwischen Dura und Knochen oder in die Diploe eingezwängt. Das Material werde nicht resorbiert. Seine beiden Patienten sind nach 16 Jahren völlig beschwerdefrei.

Offenbar geriet die Deckung großer Schädellücken mittels Horn in der folgenden Zeit ganz in Vergessenheit. Jedenfalls findet sich trotz der guten Ergebnisse in der Folgezeit kein weiterer Fall mehr in der Literatur. Nun hat Krauß in der Sauerbruchschen Klinik Berlin das Verfahren wieder aufgegriffen:

Fall 1:

17jährige Patientin, bei der im Juni 1932 Sehstörungen, Kopfschmerzen, dann Erbrechen und Doppelsehen auftreten. Nach der Einlieferung in die Nervenklinik rasch fortschreitende, schließlich vollständige Lähmung der linken Körperhälfte. In einer ersten Operation August 1932 in dieser Klinik wird der Schädeltumor entfernt. Es handelte sich um ein Meningeom, das osteoklastisch entfernt wird. Nach sehr langsamer Wiederherstellung verschwindet die Lähmung völlig, aber es tritt ein Gehirnprolaps durch den 9 : 7 cm großen Defekt des rechten Stirn- und Scheitelbeins auf. In einer zweiten Operation im September 1933 wird der Defekt durch eine Hornplatte gedeckt. Es erfolgt reaktionslose Einheilung, und schon 14 Tage nach der Operation konnte die Patientin entlassen werden. In der Folgezeit war nun die Patientin stets beschwerdefrei, sie trieb jeden Sport, wie bei einer Nachuntersuchung im Februar 1937 festgestellt wird. Im August 1937 beginnt sich über dem implantierten Horn eine Fistel zu bilden, aus der wässeriges, später wäßrig-eitriges Sekret fließt. Die Hornplatte wird, da sie in der Fistel sichtbar wurde und damit der Beginn zur Ausstoßung gegeben war, im November 1937 entfernt. Die Wunde verheilt rasch. Ende November 1937 wird die Paientin wieder entlassen. Es zeigt sich, daß während der Zeit der Implantation Bindegewebe in derben Schichten sich um das Horn gelegt hatte, so daß auch nach der Herausnahme des Horns wohl eine seichte Eindellung bestehen blieb, ein Gehirnprolaps aber durch den Defekt dank dieser straffen Bindegewebsdecken nicht zu befürchten ist.

Fall 2:

Es betrifft einen 16jährigen Patienten, der beim Reinigen einer Pistole durch Unvorsichtigkeit die Waffe zur Entladung brachte. Das Projektil, Kaliber 6,35 mm, streifte die rechte Stirn, ohne den Knochen zu durchschlagen. Der Patient war nicht bewußtlos, die Blutung stand nach Anlegen eines Notverbandes im Krankenhaus; doch traten dort Zuckungen am ganzen Körper auf. In sofortiger Operation wurde ein etwa Zweimarkstück großes Knochenstück aus dem Stirnbein entfernt. Der Patient wurde beschwerdefrei entlassen. Es lag also eine Depressionsfraktur vor, wobei das deprimierte Knochenstück nicht wieder eingesetzt wurde, so daß eine Lücke blieb. Zur Deckung dieses Defekts wird der Patient im Oktober 1936 in diese Klinik eingeliefert. Hier wird entsprechend der Vorgeschichte im oberen rechten Stirnbeinquadranten eine etwa Zweimarkstück große kreisrunde Knochenlücke festgestellt. Die Narbe war reaktionslos verheilt. In einer Operation wird nun eine entsprechend große Hornplatte wie ein Falltürdeckel über die Dura gelegt. Reaktionslose Einheilung, der Patient kann nach 14 Tagen entlassen werden. Seither ist er völlig beschwerdefrei.

Bei allen diesen Operationen mit Verwendung von Horn spielt naturgemäß die Frage der Resorption eine große Rolle. Auf jeden Fall ergibt sich aus allen Berichten, daß die Resorption von implan-

tiertem Horn nur sehr langsam vor sich geht. So konnten Rehn und Wakabaiashy nach 1- bis 2jähriger Einpflanzung erst geringe Rillenbildung beobachten. Wie sie annehmen, geht dieser Abbau von den alkalischen Körpersäften aus, die das Albuminoid des Horns angreifen. Wie gering jedoch dieser Abbau sein kann, beweist der Bericht von Henschen, der noch 16 Jahre nach der Operation die eingepflanzten Hornplatten ohne Lücken vorfand. Wir selbst können diese Beobachtung unterstützen, wie Fall 1 zeigt, in dem das jahrelang implantierte Hornstück kaum Spuren eines Abbaus erkennen läßt (Bild). Infolge der sehr verzögerten Resorption hat wohl das Bindegewebe Zeit genug, um eine der Beanspruchung entsprechende Stärke zu erreichen, wie wiederum Fall 1 zeigt.

Der Körper findet sich anscheinend mit dem Fremdkörper verhältnismäßig gut ab, so daß die Hornplatte meist reaktionslos einheilt und jedenfalls nicht rasch abgestoßen wird. Die Fremdkörperwirkung scheint sich auf die Umkapselung mit Bindegewebe zu beschränken; die geringe chemische Reaktionsfähigkeit des Horns ist wohl hierfür mitverantwortlich. Die dadurch bedingte glatte Einheilung ist ohne Zweifel ein Vorteil gegenüber anderem heteroplastischem Material.

Natürlich lassen die bisherigen Fälle der Verwendung von Horn noch kein endgültig abschließendes Urteil zu. Doch kann schon jetzt gesagt werden, daß da, wo Autoplastik aus irgendeinem Grund nicht in Frage kommt und zur Heteroplastik gegriffen werden muß, das Horn mancherlei Vorteile vor anderem plastischem Material bietet. Seine bekannte Elastizität und Zähigkeit verleihen ihm große Bruchsicherheit, was ihm unter anderem den Vorzug vor Elfenbein sichert. Weiter ist es leicht zu beschaffen und läßt sich lange aufbewahren. Seine Desinfektion ist sehr einfach und sicher durchzuführen; man kann durch mehrtägiges Einlegen in absoluten Alkohol oder durch Auskochen vollkommene Keimfreiheit erzielen. Nach dem Erhitzen im Wasserbad läßt es sich zudem formen, so daß sein Einbau in die Schädellücke sich kosmetisch einwandfrei ausführen läßt.

Diese Vorzüge und Eigenschaften des Horns sind weitgehend bedingt durch den chemischen und histologischen Aufbau der Hornsubstanz, der daher hier in Kürze skizziert werden soll:

Alle Hornarten sind chemisch Albuminoide oder genauer gesagt Proteinoide, also Gerüsteiweißstoffe, wie die Haare und Nägel (Molischprobe +). Horn besteht aus Keratin, das sich durch seinen hohen Gehalt an Cystin von den anderen Albuminoiden unterscheidet, die ja alle ausgezeichnet sind durch ihren Reichtum an Monamino-Monokarbonsäuren. Allerdings wechselt die Zusammensetzung beim Horn je nach seiner Herkunft und auch je nach dem Alter des Tieres und nach sonstigen Umständen, z. B. Fütterung, und Gravidität. Hierüber sollen folgende Tabellen einige Auskunft geben:

Bestandteile an Elementarstoffen in Prozent.

	C	H	N	
Menschliche Haare	50,2	6,7	17,9	Scherer
Büffelhorn	50,9	6,7	17,3	Scherer
Ochsenhorn	50,7	6,7	16,2	Hinterberger
Horn (mittel)	50,86	6,94	—	Horbaczewsky
Schildpatt	54,9	6,6	16,8	Mulder
Pferdehufe	51,1	6,77	17,28	Mulder

(Tabul. biolog. II.)

In Prozenten ergibt sich folgender Gehalt an Schwefel:

Menschenhaar	4,63 - 5,44	v. Bibra
Ochsenhorn	3,04	v. Bibra
Antilopenhorn	1,24	v. Bibra
Ochsenklauen	1,44	v. Bibra
Schildpatt	2,2	Mulder
Horn (mittel)	3,2	Horbaczewsky

(Tabul. biolog. II.)

Horn läßt sich bei totaler Hydrolyse in Aminosäuren aufspalten.

Die nachstehende Tabelle zeigt die prozentualen Anteile der beteiligten Aminosäuren:

Keratin aus	Rinderhorn	Menschenhaar	Hammelhorn
Glykokoll	0,34	9,12	0 45
Alanin	1,2	6,88	1,6
Valin	5,7	+	4,5
Leucin	18,3	12,2	15,3
Glutaminsäure	3,0	8,0	26,2
Asparaginsäure	2,5	—	2,5
Serin	0,7	—	1,1
Cystin	—	11,35	7,5
Lysin	—	—	0,2
Arginin	—	—	2,7
Phenyl-Alanin	3,0	0,62	1,9
Tyrosin	4,6	3,30	3,6
Prolin	3,6	—	3,7
nach	Fischer	Buchtala	Abderhalden

(Tabul. biolog. III.)

Mehrere dieser Aminosäuren ergeben verkoppelt das Keratin, das jedoch auch wieder keine einheitliche Substanz ist. Vielmehr unterscheiden wir Keratin A und Keratin B und das schwer nachweisbare Keratin C. Dabei wechselt die Zusammensetzung des Horns

wie erwähnt je nach der Tierart. Das Horn der Säuger hat als wesentlichen Bestandteil Keratin B und Albumosen, die Haare der Säuger das Keratin C. So setzt sich z. B. Ochsenhorn zusammen aus:

6% Keratin A
36% Keratin B
58% löslichem Rest.

Die verschiedenen Tabellen führen zu dem Ergebnis, daß Horn und Haar tatsächlich chemisch sehr ähnlich sind, haben sie doch auch beide epithelialen Ursprung. Die Fremdkörperreaktion gegen Horn scheint so gering zu sein, weil es sich nicht mehr um lebende Zellen handelt, und weil vor allem nur noch eiweißähnliche, keine Eiweißstoffe selbst mehr vorliegen.

Histologisches.

Die Hornsubstanz selbst entsteht durch Umwandlung des Protoplasmas der Epithelzellen. Diese wird dadurch eingeleitet, daß in den oberen Schichten der Epidermis, des Nagelbettes, der Matrix des Horns, in den Zellen eine Substanz, das Keratohyalin, auftritt, die den Uebergang vom Protoplasma zum Keratin bildet.

Der chemische und histologische Aufbau des Horns erklärt seine Eigenschaften. Horn ist sehr widerstandsfähig gegenüber chemischen Eingriffen und sehr schwer löslich. Dabei ist es elastisch und zäh.

Natürlich wechseln, wie bereits ausgeführt, die Eigenschaften des Horns je nach der Tierart, innerhalb dieser beeinflussen Ernährung, Alter, Graviditöt und ähnliche Faktoren Konsistenz, Härte, Farbe und sonstige Eigenschaften. Bis jetzt hat man offenbar diesen Gesichtspunkten wenig Beachtung geschenkt. An dieser Klinik wird Rinderhorn verwendet, das sehr leicht und billig zu beschaffen ist und den praktischen Anforderungen bislang völlig genügt hat.

Endlich sei noch die in dieser Klinik geübte Technik skizziert:

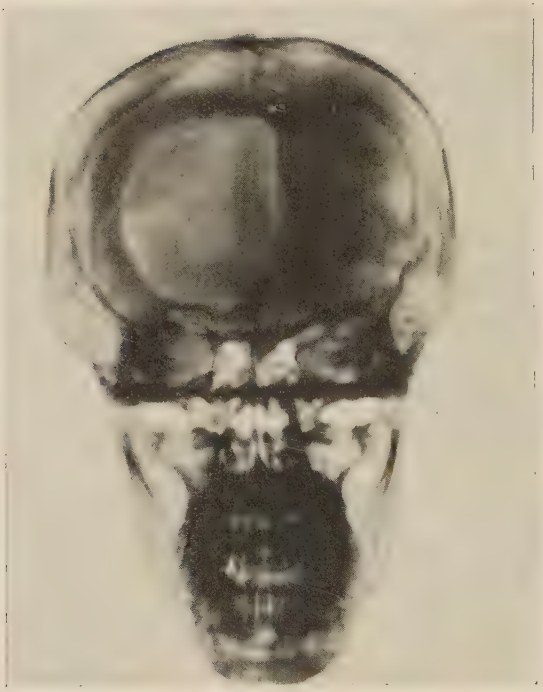
Nach halbkreisförmiger Umschneidung des Knochendefekts tunlichst fingerbreit außerhalb der Knochenlücke wird der in seiner Ernährung möglichst gut ausgestattete Haut-Subkutanlappen heruntergeschlagen, hierauf der Knochen ringsum vorsichtig von der Dura gelöst; das (nach vorausgegangener Sterilisation) vorher schon möglichst genau in heißem Wasser geformte Hornstück satt in den Defekt eingepaßt und dort mit einigen Catgutnähten fixiert, die durch Horn- und Knochenlöcher geführt werden. Damit ist kosmetisch vom Knochen zum Horn ein treppenloser Uebergang gesichert. Sodann wird in Subkutan- und Hautnaht der Weichteillappen wieder darüber gelegt, wobei es wichtig ist, daß diese Naht möglichst fern der Einfassungsnaht des Horns liegt, da sonst bei kleinen Störungen der Wundheilung des Lappens die Einheilung des Horns in Frage gestellt würde.

Zusammenfassung.

Bei solchen Schädelknochendefekten, bei denen eine autoplastische Deckung nicht möglich ist, empfiehlt sich der Versuch einer Deckung mit Horn. Die Vorzüge des Horns sind seine meist reizlose Einheilung, seine Härte, Elastizität und Bruchsicherheit. Weiterhin ist es leicht zu beschaffen und zu sterilisieren und gut modellierbar. Sowohl bei den in der Literatur angegebenen wie bei den eigenen Fällen war das kosmetische Resultat gut, auch wurden die übrigen Gefahren und Folgen der Knochenlücke beseitigt. Selbst wenn nach einigen Jahren das Horn aus irgend einem Grunde noch abgestoßen werden sollte, wird durch und während seiner Anwesenheit soviel Bindegewebe in der Umgebung gebildet, daß in der Folge ein guter, auch plastisch-kosmetisch befriedigender Verschluß der Knockenlücke (wie Patient Nr. 1 zeigt) erwartet werden kann.

Das Ziel ist, daß das Transplantat über Jahre und Jahrzehnte (wie bei Henschen) fest in seinem Bindegewebsmantel eingeschlossen bleibt. Daher ist ein Versuch, große Knochenlücken mit Horn plastisch zu decken, angezeigt, da die Operation meist zu einem vollen Erfolg führt. Selbst bei späterer Ausstoßung des Implantats ergibt die starke Bindegewebsreaktion in der Umgebung ein befriedigendes Ergebnis.

Am Schlusse der Arbeit möchte ich Herrn Professor Dr. Krauß für das freundlich überlassene Thema sowie für die Ratschläge bei der Ausarbeitung meinen aufrichtigen Dank aussprechen. Herrn Professor Dr. Gohrband danke ich für die freundliche Uebernahme des Korreferates.



Röntgenaufnahme (Frontalaufnahme des Schädels) von Fall 1). Der große Defekt im Stirn- und Scheitelbein ist deutlich sichtbar. Die Aufnahme stammt aus der Zeit (Februar 1937), in der die Hornplatte noch implantiert war. Jedoch bildet sich Horn im Röntgenbild nicht ab.

Literaturverzeichnis.

1. Albee, Svante Orell: Studien über Knochentransplantation. Zentralblatt für Chirurgie, Bd. 1934, S. 409.
2. Axhausen: Handbuch der praktischen Chirurgie von Garrè, Küttner, Lexer, S. 101.
3. Barth: Ueber künstliche Erzeugung von Knochengewebe und über die Ziele der Osteoplastik. Münchn. med. Wschr., Bd. 1896, Nr. 1.
4. — Nochmals zur Frage der Vitalität replantierter Knochenstücke. v. Langenbecks Archiv Bd. 54, S. 471, 928.
5. v. Bergmann: Bruns Handbuch der Chirurgie, Bd. 1, S. 328, 343.
6. Bier, Braun, Kümmel: Chirurgische Operationslehre, herausgeg. v. Sauerbruch-Schmieden, 1933, Bd. I, S. 222—228, 333.
7. Cornioley: Zur Schädelplastik. Zentralblatt für Chirurgie 1930, S. 311.
8. W. Ellenberger und A. Scheunert: Vergleichende Physiologie der Haussäugetiere. 1925, Bd. II, S. 216.
9. A. Fränkel: Schädeldefekt und Epilepsie. Zentralblatt für Chir. Bd. 1905, S. 1408.
10. Garrè, Küttner, Lexer: Handbuch der praktischen Chirurgie. S. 343.
11. Henschen: Subaponeurotische Deckung großer Schädeldefekte mit gewölbten Hornschalen. Bruns Beiträge zur klin. Chirurg. Bd. 1916, S. 339 und Zentralblatt für Chirurgie, Bd. 1916, S. 834.
12. Henschen: Zentralblatt für Chirurgie, Bd. 1930, S. 2190.
13. König: Der knöcherne Ersatz großer Schädeldefekte. Zentralblatt für Chirurgie, Bd. 1890, S. 497.
14. — Klinische und experimentelle Beobachtung über Elfenbeintransplantation. Chir. Kongreß Verh. 1913, S. 119.
15. Kronacher: Gegenwärtiger Stand der Osteoplastik. Münchn. med. Wschr. Bd. 1896, Nr. 13.
16. Landerer: Osteoplastik. Münchn. med. Wschr. Bd. 1893, Nr. 40.
17. Lexer: Freie Transplantationen. Neue deutsche Chirurgie, begr. v. Bruns, Bd. 2, 1924.
18. — Die Verwendung von Silberplatten in der Chirurgie. Zentralblatt für Chirurgie Bd. 1913, S. 217.
19. W. Mysch: Kuhhorn als Material für Knochenplastik. Chirurgiaa, Bd. 32, Juli 1912 und Zentralblatt für Chirurgie Bd. 1913, S. 101.
20. Rehn und Wakabaiashy: Die Hornbolzung im Experiment und ihrer klinischen Verwendung. Zentralblatt für Chirurgie Bd. 1912, S. 83 und Archiv f. klin. Chirurg. Bdg. 1911, S. 449.

21. Ricard: Des greffes d'os vivants. Zentralblatt für Chirurgie Bd. 1898, S. 419.
22. Riedel: Erfahrungen mit der Hornbolzung. Zentralblatt für Chir. Bd. 1916, S. 515.
23. Seydel: Klinische Methode, große Knochendefekte des Schädels zu decken. Zentralblatt für Chirurgie Bd. 1889, S. 209.
24. Stang-Wirth: Tierheilkunde und Tierzucht. 1928, Bd. 5, S. 368.
25. Tabulae biologicae, v. Oppenheimer-Pincussen, 1926 Bd. II, S. 479 bis 480, Bd. III, S. 251.

Lebenslauf.

Ich wurde am 14. April 1914 zu Stuttgart als Sohn des Veterinärrats Dr. Ernst Frommherz in Vaihingen (Enz) geboren. Ich bin evangelisch.

Die Reifeprüfung legte ich Ostern 1932 am Reformrealgymnasium in Stuttgart ab.

Hierauf begann ich mit dem Studium der Medizin in Tübingen, wo ich nach fünf vorklinischen Semestern im Herbst 1934 die ärztliche Vorprüfung bestand. Nach freiwilliger Ableistung eines Dienstjahres beim Heer setzte ich mein Studium an der Universität Berlin fort. Mein klinisches Studium beendete ich hier mit der Ablegung der ärztlichen Prüfung.